

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektrotechniky

Osvětlování důlních prostor
Lighting in the mines

Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Novák**

Studijní program: B2648 Projektování elektrických zařízení

Téma: **Osvětlování důlních prostor**
Lighting in the mines

Zásady pro vypracování:

- Rozbor současné normy pro osvětlování důlních prostor - ČSN 36 0050-1, 2, 3
- Porovnání terminologie se současnými evropskými normami na osvětlování
- Rozbor technologických možností osvětlování důlních prostor
- Alternativní návrhy osvětlení důlních prostor dolu Jeremenko, vč. rozboru finanční náročnosti možné realizace
- Celkové vyhodnocení a porovnání navrhovaných osvětlovacích soustav
- Projekt vybrané varianty osvětlovací soustavy v SW platformě Engineering Base.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Sokanský, K.: *Světelná technika*, ČVUT, Praha, 2011
- [2] Plch, J.: *Světelná technika v praxi*. IN-EL spol. s.r.o., Praha 1999,
- [3] Habel, J.: *Světelná technika a osvětlování*. FCC Public, Praha 1995,
- [4] Sborníky z Kurzů osvětlovací techniky, VŠB-TU Ostrava
- [5] Manuály k výpočetním programům (Relux, WILS, WDLS)

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Novák, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2013

Datum odevzdání: 07.05.2014



doc. Ing. Vítězslav Stýskala, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Poděkování

Chtěl bych touto cestou v první řadě poděkovat podniku DIAMO s.p., o.z. ODRA, panu řediteli Ing. Josefu Havelkovi, který mi umožnil dálkové studium a zároveň poskytnul veškeré zázemí pro zpracování tohoto specifického tématu. Dále panu Ing. Tomáši Novákovi, Ph.D. za odborné směřování v chápání světelně - technické problematiky a panu Ing. Tomáši Mlčákovi, Ph.D. za cenné rady a jiná doporučení v oblasti projektování.

Prohlášení studenta

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě dne 7. května 2014



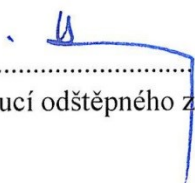
Jiří Novák

Prohlášení zástupce spolupracující právnické nebo fyzické osoby

„Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských/magisterských programech VŠB-TU Ostrava.“

Ing. Josef Havelka, vedoucí odštěpného závodu
DIAMO, státní podnik, odštěpný závod ODRA
Sirotčí 1145/7
703 86 Ostrava – Vítkovice

V Ostravě dne 7.3.2014


.....
vedoucí odštěpného závodu

DIAMO, státní podnik,
odštěpný závod ODRA
-1-

Abstrakt

Tato práce se zabývá rozborem současné legislativy pro osvětlování v dolech pro realizaci světelně - technického návrhu osvětlení v podzemí dolu. Výstupem je projekční zpracování kompletní dokumentace osvětlení 5. p dolu Jeremenko.

Klíčová slova

Osvětlování v dole, projektování v dole, důlní osvětlování, LED nevýbušná svítidla, světelně - technický návrh, důl Jeremenko

Abstract

The work analyses requirements of the current legislation which everybody should to know to be able to create a new lighting project in the underground mine. The output of this work will present the lighting project in the 5th floor Jeremenko mine.

Keywords

Lighting in the mine, the mine design, mine lighting, explosion proof LED lights, lighting-technical design, Jeremenko mine shaft

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ ZKRATEK

E_n [lx]	- jmenovitá intenzita osvětlení
E_m [lx]	- udržovaná hodnota intenzity osvětlení dle ČSN EN 12464-x
E_0, E_p [lx]	- průměrná hodnota intenzity osvětlení pro daný pracovní prostor
E_{min} [lx]	- hodnota minimální osvětlenosti na ploše
L_a [cd/m ²]	- jas pozorovaného předmětu
L_b [cd/m ²]	- jas pozorovaného pozadí
L_v [cd/m ²]	- ekvivalentní závojevý jas svítidel
L_p [cd/m ²]	- počáteční průměrný jas vozovky
K [-]	- kontrast jasů
Φ [lm]	- označení světelného toku (množství světelné energie)
I [cd]	- svítivost
T_C [K]	- teplota chromatičnosti
p [-]	- koeficient dle ČSN 36 0050-1, jehož velikost se řídí očekávanými světelnými poměry při použití navržených svítidel a především intervaly údržby; pro doly se udává $p = 2$
A [m ²]	- plocha
TI [%]	- míra zhoršení viditelnosti způsobeného omezujícím oslněním svítidly osvětlovací soustavy pozemní komunikace
ATEX	- certifikace pro zařízení do výbušného prostředí
ρ [-]	- činitel odrazu povrchů ploch
MF [-]	- udržovací činitel osvětlovací soustavy vyjádřený dle CIE 97:2005 nebo TNI 36 0451
U_0 [-]	- rovnoměrnost osvětlení na pracovní rovině
R_a [-]	- index podání barev
UGR [-]	- hodnocení úrovně rušivého oslnění ve vnitřních prostorech
GR [-]	- hodnocení úrovně rušivého oslnění ve venkovních prostorech
CTN	- centrum technické normalizace
ČBÚ	- český báňský úřad

Obsah

ÚVOD

I. ROZBOR SOUČASNÝCH LEGISLATIVNÍCH PŘEDPISŮ A NOREM PRO OSVĚTLOVÁNÍ DŮLNÍCH PROSTOR	2
1. Obecně.....	2
1.1. Zákon 61/1988 Sb. z 21.4.1988.....	2
1.2. Vyhláška 22/1989 Sb. z 29.12.1988.....	2
2. Rozbor současné normy pro osvětlování důlních prostor - ČSN 36 0050-1, 2, 3	3
2.1. ČSN 36 0050-1 – Osvětlení v podzemí dolů – Světelně - technické základy navrhování – část 1: Všeobecné požadavky	3
2.1.1. Svítivost a rovnoměrnost.....	3
2.1.2. Omezení oslnění.....	5
2.1.3. Barva světla a podání barev	7
2.1.4. Požadované údaje svítidel a světelných zdrojů	7
2.1.5. Ostatní požadavky	8
2.2. ČSN 36 0050-2 – Osvětlení v podzemí dolů – Světelně - technické základy navrhování – část 2: Poruby se štítovou výztuží.....	9
2.2.1. Požadavky na osvětlovací zařízení.....	9
2.3. ČSN 36 0050-3 – Osvětlení v podzemí dolů – Světelně - technické základy navrhování – část 3: Oblast přechodu porub/chodba.....	10
2.3.1. Osvětlení	10
II. POROVNÁNÍ TERMINOLOGIE SE SOUČASNÝMI EVROPSKÝMI NORMAMI NA OSVĚTLOVÁNÍ.....	11
1. Porovnání terminologie ČSN EN 12464-x a ČSN EN 13201-x s ČSN 36 0050-x	11
1.1. ČSN EN 12464-x.....	11
1.1.1. Rozložení jasů a činitel odrazu.....	11
1.1.2. Osvětlenost, rovnoměrnost a udržovací činitel	12
1.1.3. Omezení oslnění.....	13
2. Celkové zhodnocení	16
3. Plánované změny v ČSN 36 0050-x.....	17
III. ROZBOR TECHNOLOGICKÝCH MOŽNOSTÍ OSVĚTLOVÁNÍ DŮLNÍCH PROSTOR.....	18
1. Charakteristika důlního prostředí	18
2. Technologické možnosti.....	19
2.1. Původní stav	19
2.2. Současný stav	20
2.3. Současná nabídka na trhu	20

IV. ALTERNATIVNÍ NÁVRHY OSVĚTLENÍ DŮLNÍCH PROSTOR DOLU JEREMENKO, VČETNĚ ROZBORU FINANČNÍ NÁROČNOSTI MOŽNÉ REALIZACE	24
1. Projektové podklady	24
2. Požadavky na pracovní prostory.....	24
3. Současný stav	25
4. Návrh řešení	25
4.1. Výběr způsobů osvětlení	26
4.1.1. Varianta č. 1	26
4.1.2. Varianta č. 2	27
5. Vícestranné zhodnocení vybraných variant.....	29
V. PROJEKT VYBRANÉ VARIANTY OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY V SW PLATFORMĚ ENGINEERING BASE.....	30
1. Postup zpracování projektu	30
2. Zpracování.....	30
3. Doplnění 5. bodu části IV této práce	30
VI. ZÁVĚR.....	32
VII. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	34
1. Knižní zdroje:	34
2. Vyhlášky a normy:	34
3. Internetové zdroje:.....	34
4. Katalogy:	34
VIII. SEZNAM PŘÍLOH	35
1. Tištěné přílohy.....	35
2. Netištěné přílohy umístěné na CD.....	35

ÚVOD

Světlo je nezbytnou přirozenou součástí našeho života. V dřívějších dobách, kdy ještě neexistoval systém umělého osvětlování, jsme byli odkázáni pouze na její denní složku. Byla tak výrazně omezena doba jakékoliv práce, kterou mohl člověk vykonávat. V dnešní době si samozřejmě takovou situaci už neumíme ani představit a zvykáme si i na to, že světelná pohoda je všudypřítomná pouhým stlačením tlačítka. Jako všechno kolem nás i toto má svůj vývoj a přirozenou posloupnost, která se vznikem nového vědního oboru přišla. Jako konečnou fázi takového vývoje vidím vznik legislativních požadavků s cílem zabezpečit maximální světelný komfort pro jednotlivé pracovní činnosti. V této práci vycházím ze skutečnosti, že jsou pro mě normy již vytvořeny a mohu s nimi pouze pracovat. Jiná situace ale nastává, budu-li chtít navrhnout něco specifického a ne až tak často řešeného.

Osvětlení důlních prostor k tomu rozhodně patří. Proto cílem této práce je vytvořit dokument, který by se stal pomůckou každého projektanta, který se rozhodne „rozsvítit důl“. Praktickým výstupem bude také vlastní konkrétní zpracování projektové dokumentace osvětlení 5. p dolu Jeremenko.

I. ROZBOR SOUČASNÝCH LEGISLATIVNÍCH PŘEDPISŮ A NOREM PRO OSVĚTLOVÁNÍ DŮLNÍCH PROSTOR

1. Obecně

Důlní prostory jsou svou povahou ve srovnání s povrchovými pracovišti, se kterými se běžně setkáváme, zcela specifické. Jsou to prostory, kam nepronikne denní světlo, prostředí je charakteristické svou „nebezpečností“ s vysokou intenzitou pracovních činností atd. S ohledem na tato specifika jsou tyto prostory zřizovány, vybavovány a udržovány dle zvláštních předpisů a norem. Proto východiskem k tvorbě jakéhokoliv projektu v dole musí být rozbor platných norem a legislativních předpisů.

V této práci bych začal krátkým představením „Zákona o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě“ č. 61/1988 Sb. ze dne 21.4.1988. Jedná se o výchozí legislativní prvek, který zpracovává příslušné předpisy Evropských společenství pro provádění důlních činností. [3] Na tento zákon pak navazuje další legislativa v podobě vyhlášek a jiných prováděcích předpisů tohoto zákona. Tímto chronologickým postupem a podrobnou studií se dostaneme až k řešení osvětlování v dole, jak ukáže následující krátký rozbor.

1.1. Zákon 61/1988 Sb. z 21.4.1988

Ve svém §1 upravuje:

- a) podmínky pro provádění hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem,
- b) podmínky pro nakládání s výbušninami a výbušnými předměty,
- c) podmínky pro bezpečné provozování podzemních objektů,
- d) podmínky pro bezpečnost a ochranu zdraví osob, bezpečnost provozu a ochranu pracovního prostředí při činnostech.

Tento zákon se **dále odkazuje** ve své druhé části §3b, odstavec č. 1 na „Další práva a povinnosti zaměstnanců a zástupců zaměstnanců“, Vyhl. č. 22/1989 Sb., popsanou v další kapitole.

1.2. Vyhláška 22/1989 Sb. z 29.12.1988

Tato vyhláška „o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při dobývání nevyhrazených nerostů v podzemí“, stanovuje dle §1 požadavky k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti v podzemí a při dobývání nevyhrazených nerostů v podzemí, včetně objektů a zařízení na povrchu, které s těmito činnostmi souvisejí. [4]

Tato vyhláška je jedním z **nejdůležitějších prováděcích předpisů** Zákona č. 61/1988 Sb. a je velmi rozsáhlá. Ve svém obsahu řeší nezbytné náležitosti, bez kterých nemůže být zajištěna bezpečnost práce a ochrana zdraví. Protože tato bakalářská práce řeší osvětlování důlních prostor, je vhodné se omezit v souvislosti s touto vyhláškou pouze na problematiku světelně – technických výpočtů, požadavků při „osvětlení pevnými svítidly“.

§256, odst. č. 2 upravuje:

Stav osvětlení pevnými svítidly musí odpovídat požadavkům světelně - technických parametrů, musí být kontrolován.

Znění textu tohoto odstavce je doplněno odkazem na příslušné normy, podle kterých se tyto světelně – technické požadavky řeší.

Jedná se o normy:

ČSN 36 0010 - Měření světla. Kmenová norma.

ČSN 36 0035 - Denní osvětlování budov.

ČSN 36 0050 - Osvětlování hlubinných dolů.

ČSN 36 0451 - Umělé osvětlení průmyslových prostorů.

2. Rozbor současné normy pro osvětlování důlních prostor - ČSN 36 0050-1, 2, 3

V současné době je řada normy ČSN 36 0050 jedinou platnou Českou normou, kterou je možné použít pro návrh osvětlení v podzemí dolů a to ve smyslu světelně – technických parametrů. Norma neřeší elektro – technickou část, je rozdělena na 3 samostatné díly a má datum účinnosti od 1.7.1996.

2.1. ČSN 36 0050-1 – Osvětlení v podzemí dolů – Světelně - technické základy navrhování – část 1: Všeobecné požadavky

Předmětem této části normy jsou všeobecné požadavky na základy navrhování pevného elektrického osvětlovacího zařízení v podzemí dolu.

Kvalitu osvětlení popisuje podle těchto znaků:

- a) střední intenzita osvětlení
- b) rovnoměrnost rozdělení intenzity osvětlení
- c) omezení oslnění
- d) barvy světla a podání barev

2.1.1.Svítivost a rovnoměrnost

Svítivost je světelně - technická veličina, která popisuje distribuci světelné energie do prostoru a označuje se I [cd]. [2] Podle znění textu normy a způsobu řešení této části, je svítivost v daném případě myšlena jako **osvětlenost** E_n [lx]. Jedná se o veličinu, která nám popisuje plošnou hustotu světelné energie (světelného toku) dopadající na plochu. Obecně platí:

$$E = \frac{\Phi}{A} \text{ [lx]}$$

kde:

Φ – označení světelného toku (množství energie) [lm]

A – plocha [m²]

Rovnoměrnost U_0 [-] je světelně – technická veličina, která nám říká, jakým způsobem je rozložen distribuovaný světelný tok na předmětnou plochu. Je dána poměrem minimální a průměrné osvětlenosti na této ploše. Posouzení rovnoměrnosti je velmi důležité, protože dostatečná rovnoměrnost zaručuje lepší podmínky pro vykonávaný zrakový úkol a méně zatěžuje lidské oko. Obecně platí:

$$U_0 = \frac{E_{min}}{E_p} [-]$$

kde:

E_{min} – hodnota minimální osvětlenosti na ploše [lx]

E_p – průměrná osvětlenost na ploše [lx]

Základní rovinnou pro jmenovitou intenzitu osvětlení se dle normy všeobecně uvažuje počva popř. podloží, pokud není uvedeno jinak. [5] Znamená to tedy, že pokud nemáme předem dané rozvržení pracovních úkonů v podkladech ke zpracování světelně – technického projektu, budeme vždy vztahovat výpočet intenzity osvětlení k pracovní rovině a její rovnoměrnost k podloží prostoru.

V příloze A normy jsou uvedené tzv. směrné hodnoty jmenovité svítivosti E_n [lx], které jsou tabulkově rozdělené podle druhu zrakového úkolu, doplněné provozním příkladem použití. Tyto hodnoty jsou při svém návrhu dále násobeny tzv. návrhovým koeficientem $p = 2$ [-], který zohledňuje světelné poměry při použití navržených svítidel a především intervaly údržby. [5] Znamená to, že naměřená průměrná hodnota osvětlenosti na pracovní rovině bude na počátku své životnosti vždy dvojnásobná. Kopie tabulky A.1, která je součástí zmíněné přílohy v normě, je uvedena na následující straně.

Rovnoměrnost je vztažena pouze na osvětlenost na pracovním místě. Měřítkem pro určení rovnoměrnosti intenzity osvětlení je poměr minimální ke střední svítivosti daného prostoru. Pro přesnou práci máme usilovat, aby byl lepší než 1:3.

Jmenovitá svítivost E_n v lx směrné hodnoty	Účel osvětlení (zrakový úkol)	Provozní příklad
3	optické vedení	lokomotivní chodba
6	základní zřetelnost v pracovním prostoru	porub čelba
15	přehlednost	oblast porubového vynášecího/nakládacího dopravníku
30	značení nebezpečí/redukování oslnění hlavovým svítidlem	pásový pohon/montážní místo štítová výztuž
60 ₂₎ 120	prostorový přehled	šachetní zarážky
200	detailní značení (bez hlavového svítidla)	opravářská a montážní oblast dílňů

Tabulka č. 1 - Tabulka A.1 - Svítivosti stacionárních osvětlovacích zařízení v podzemí dolů [5]

2.1.2. Omezení oslnění

Oslnění je rušivý jev, který vzniká v případě výskytu příliš velkých jasů, nebo jejich rozdílů v zorném poli oka. V takové situaci je ztížen až znemožněn přístup a příjem světlem přenášených informací. Z hlediska světelné techniky je nejdůležitější oslnění kontrastem. [1] Základní podstatou této filozofie je porovnávání jasů v zorném poli pozorovatele ať už přímým působením nebo odrazem s jasnem, na který je oko právě adaptováno. Jde tedy o porovnávání kontrastů jasů. Kontrast je světelně – technická veličina dána vztahem:

$$K = \frac{|L_a - L_b|}{L_b} [-]$$

kde:

L_a – jas pozorovaného předmětu [cd/m^2]

L_b – jas pozorovaného pozadí [cd/m^2]

Podle psychologických následků se oslnění kontrastem dělí: [1]

1. oslnění psychologické
 - pozorovatelné
 - rušivé
2. oslnění fyziologické
 - omezující
 - oslepující

V prvním případě se jedná o nižší stupeň oslnění, v literatuře též označované jako pozorovatelné, které pouze odpoutává pozornost od vykonávané práce bez měřitelných změn zrakových funkcí. V druhém případě je situace odlišná. Jedná se o vyšší stupeň, kdy už oslnění způsobuje zhoršení činnosti zraku až v extrémním případě znemožnění zrakové činnosti. Pro hodnocení oslnění se používá několik odlišných systémů a matematických vzorců podle prostředí, kde bude osvětlovací soustava provozována. Jednotlivé způsoby budou popsány v II. části této práce, kde se porovnává terminologie několika evropských norem na osvětlování s touto důlní.

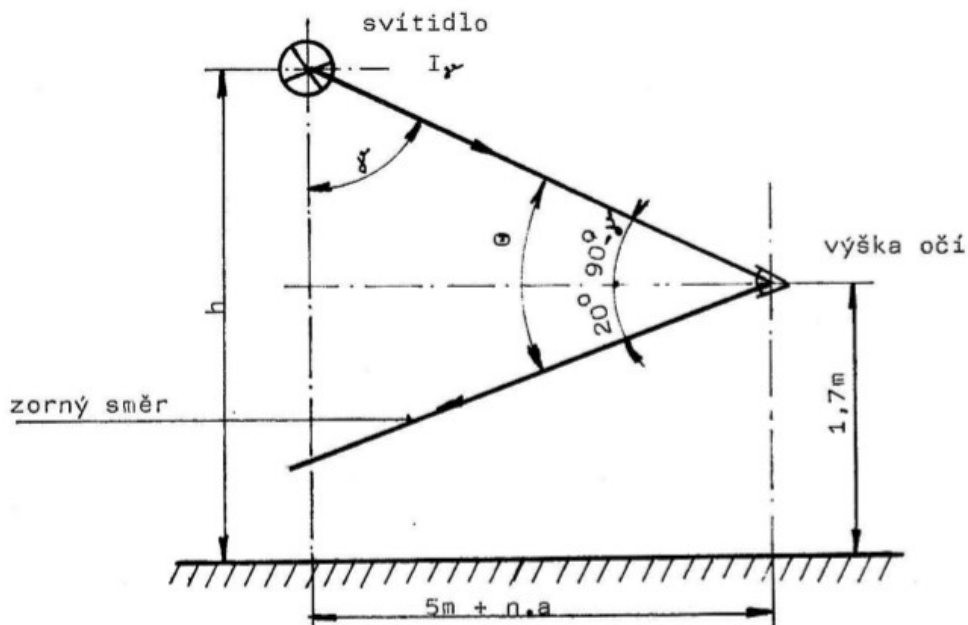
Norma definuje: „V podzemí dolu má být při nízké intenzitě osvětlení omezeno omezující oslnění.“ [5] V textu není dále stanovena hranice, kdy začíná tato nízká intenzita. Formulace je značně nepřesná a může zapříčinit nerozhodnost projektanta, kdy už počítat s rušivým oslněním a kdy ještě ne, popřípadě jestli vůbec. Pro výpočet rušivého oslnění byl v této normě zvolen parametr TI [%]. Jedná se o fyziologické hodnocení, [1] které vychází ze vztahu:

$$TI = 65 \frac{L_{seq}}{L_u^{0,8}} 100 [\%] [5]$$

Kde:

L_u – adaptační jas v [cd/m^2]

L_{seq} – ekvivalentní závojevový jas všech oslňujících světelných zdrojů v zorném úhlu $\Phi = 20^\circ$ mezi zrakovým směrem a směrem k oslňujícímu světelnému zdroji, ve výšce očí $h = 1,7$ m viz obr. č. 1 [cd/m^2]



Obr. č. 1 – Výpočet oslnění [5]

Požadováno je $TI < 20\%$

2.1.3. Barva světla a podání barev

Vnímání barev je složitý proces, který je založen na fyziologických vlastnostech lidského oka. [2] Aby mohl být předmět plně barevně vnímán, musí být k dispozici i zdroj s širokým spektrem záření a vnímané předměty s vlastnostmi se spektrálním činitelem odrazu či prostupu. K popisu barev používáme několik pojmů:

- barevný tón, kdy každý tento tón odpovídá určité vlnové délce,
- barevná sytost, která udává poměr čistě spektrální barvy, [2]
- barva teplá a studená, shrnuto jako náhradní teplota chromatičnosti. Tato teplota se definuje na absolutně černém tělese, které je ohřáto na danou teplotu (ke které je vztahována), vydává záření odpovídající popisované barvě. Označuje se T_C [K].

Barva světla je v normě definována pouze s malým vlivem na zrakový výkon očí, která ale podstatně určuje příjemnost. Z obvyklých barev má být použita neutrálně bílá (NB). Jedná se tedy o popis vyjádřený pomocí barevné sytosti. Abychom mohli správně vybrat světelný zdroj z hlediska barev, je důležité mít k dispozici převodní tabulku mezi náhradní teplotou chromatičnosti, která je udávána výrobcí zdrojů světla a barevným tónem. Tuto tabulku nalezneme např. v ČSN EN 12464-1, čl. 4.7.2

2.1.4. Požadované údaje svítidel a světelných zdrojů

Tato část textu normy řeší požadavky na zdroje a svítidla z hlediska jejich konstrukce. Je nutné zdůraznit, že důlní prostředí je velmi specifické z pohledu vnějších vlivů. V mnoha případech je možné narazit na proměnlivé prostředí. Doly se dále zařazují z hlediska důlních otřesů a na plynující nebo neplynující.

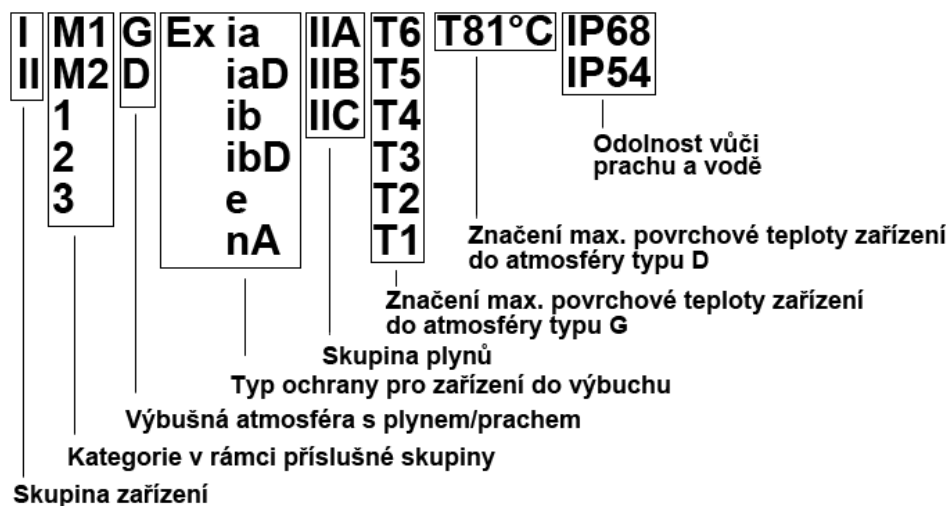
Doly II. třídy nebezpečí jsou všechny doly Ostravsko - Karvinského revíru a doly s nebezpečím průtrží hornin, uhlí a plynů. Ostatní plynující doly jsou doly I. třídy nebezpečí. [4] Za nebezpečný plyn se v uhelných dolech považuje všeobecně metan – chemická značka CH_4 .

Výběr správných osvětlovacích těles musí tedy vyhovět kromě světelně – technických parametrům ještě dalším aspektům, jako jsou:

- těsnost proti prachu,
- rázová a vibrační pevnost,
- mechanická pevnost,
- odolnost proti korozi,
- míra a hmotnost,
- nevýbušnost.

Při navrhování jakéhokoliv zařízení v dole je nutné při výběru veškerých prvků dbát na to, aby u nich byla řešena ochrana zohledňující vznícení metanu a uhelného prachu, společně se zvýšenou fyzickou ochranou zařízení používaných v dolech. [7]

Tyto výrobky jsou dle ČSN EN 60079-0 ed. 3 charakterizovány jako elektrické zařízení skupiny „I“. Správnost výběru z hlediska těchto požadavků je často provozně kontrolována a revidována. Proto i při nákupu svítidel je nezbytné vyžádat si od výrobce certifikát o přezkoušení typu ATEX, kde bude uvedena kategorie výrobku a svítidlo bude mít tento údaj na svém štítku.



Obr. č. 2 – Značení zařízení do výbušného prostředí [9]

2.1.5. Ostatní požadavky

Kromě již zmíněných parametrů, které musíme dodržovat, najdeme v normě i možnost uspořádání svítidel nejen podle světelně – technických parametrů v případech, kdy to není technický možné z důvodu např. vestavby provozního zařízení do prostoru. [5]

Aby mohla osvětlovací soustava plnit svůj účel, musí být řádně udržována. Norma předepisuje provádět údržbu osvětlovacího zařízení, poklesne-li střední svítivost na 80% své jmenovité hodnoty. Svítidla by měla být lehce a bez nebezpečí dosažitelná, a světelné zdroje dobře přístupné.

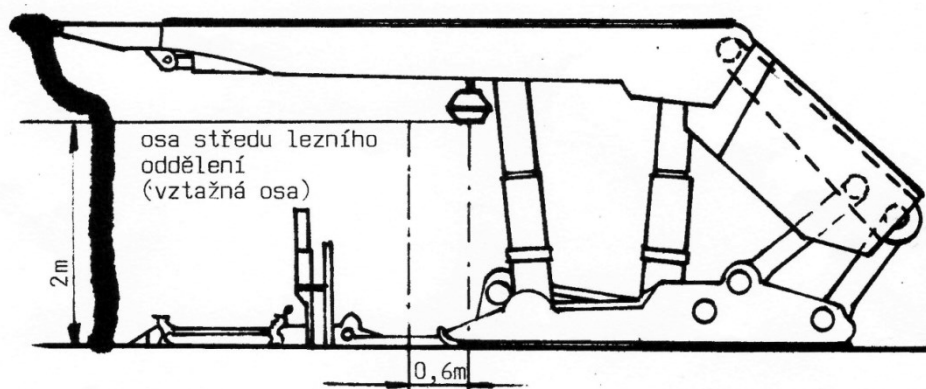
2.2. ČSN 36 0050-2 – Osvětlení v podzemí dolů – Světelně - technické základy navrhování – část 2: Poruby se štítovou výztuží

Předmětem této části normy je stanovení světelně – technických zásad pro navrhování stálých osvětlovacích zařízení v prostorech se štítovou výztuží v mechanizovaném uhelném dobývání. Používá se společně s 1. částí své řady.

Před samotným rozбором bude popsáno, co je to výztuž a k čemu se vlastně používá z důvodu přiblížení potřebných nároků na pracovní činnosti.

Výztuž obecně slouží k zamezení pádu horniny a zajištění důlních děl, ať už chodeb nebo porubů před jejich devastací a utlumení důlních otřesů. V případě hlavních překopů nebo stálých pracovišť jde o prostory s předpokládanou delší životností, a proto se pro zajištění profilů používají výztuže např. betonové, panelové atd.

Jiný případ nastává, hovoříme-li o porubech, což jsou pracoviště s relativně krátkou dobou působnosti (prostor slouží k těžbě horniny). Aby se zde mohlo pracovat, musí být část, ve které se pohybují pracovníci při těžbě, také zajištěna. K tomu slouží právě mechanizovaná výztuž, která je podle potřeby přemisťována na různá pracoviště. Dle obrázku na konci této části normy je zcela zřejmé, že pojednává o návrhu stálého osvětlení prostoru uvnitř této výztuže.



Obr. č. 3 – Příklad návrhu osvětlení [5]

2.2.1. Požadavky na osvětlovací zařízení

Pro osvětlení porubu má být svítivost (tedy osvětlenost dle nesrovnalosti v terminologii viz bod 2.1.1) v průměru větší než 6 [lx] na počvě lezního oddělení podél vztažné osy a nemá být menší než 2 [lx] na každém bodě této vztažné osy s přihlédnutím dříve zmíněného koeficientu $p = 2$ [-]. Zajímavostí je možnost návrhu vzdáleností svítidel dle jejich technických údajových listů. Je zde uveden i provozní příklad takového řešení.

Rovnoměrnost a řešení oslnění není nikde v dalších požadavcích jednoznačně předepsána. Doslova je uvedeno, že vedle střední a minimální hodnoty svítivosti na vztažné ose, násobené návrhovým koeficientem p [-], má být zohledněno co možná stejnoměrné světelné rozdělení a zabránění oslnění. [5] Vzhledem k tomu, že v předmětu této části normy je zmíněno, že se používá spolu s 1. částí, zvažil bych při návrhu docílit rovnoměrnost lepší než 1:3. Ke stejnému údaji bychom

také došli, podělíme-li předepsanou průměrnou a minimální svítivost na počvě popsanou v předchozím odstavci tohoto článku.

Další část normy upozorňuje na skutečnost, že osvětlovací tělesa v prostorech porubů jsou vystavována zhoršeným nepříznivým okolním vlivům. Pro poruby menší a střední mocnosti jsou vhodná pouze kompaktní svítidla, pro poruby větších mocností se doporučují také dlouhá pole svítidel osazená světelnými zdroji se zářivkami např. 1x20 a 2x20. [5]

2.3. ČSN 36 0050-3 – Osvětlení v podzemí dolů – Světelně - technické základy navrhování – část 3: Oblast přechodu porub/chodba

Předmětem této části normy je stanovení světelně – technických zásad pro navrhování stálých osvětlovacích zařízení v oblasti přechodu porub/chodba. Jedná se v podstatě také o rozšíření výchozí 1. části této řady o další provozní případ.

Oblast přechodu a porubu zahrnuje přechod do porubu, vyražený úsek chodby a okraj porubu. [5] Rozsah této definice je v textu dále vyspecifikován na konkrétní případy a vymezení přesné hranice rozsahu.

2.3.1. Osvětlení

Svítivost E_n [lx] musí být v průměru větší než 20 [lx] a nesmí být na žádném bodě vztažné osy středu lezního oddělení na počvě menší než 16 [lx]. [5] Při návrhu, stejně jako v ostatních případech, je nutné počítat s návrhovým koeficientem $p = 2$ [-]. V obecné rovině jde o požadavek na zmenšení oslňování hlavovými svítidly při spolupráci, ulehčit poznávání nebezpečí a zabezpečení lepší přehlednosti.

V textu této části normy nejsou dále řešeny žádné další požadavky např. na rovnoměrnost a oslnění. Jak již bylo dříve zmíněno, jedná se o rozšíření 1. řady této normy. Proto je potřebné respektovat její obecné zásady při řešení této problematiky.

II. POROVNÁNÍ TERMINOLOGIE SE SOUČASNÝMI EVROPSKÝMI NORMAMI NA OSVĚTLOVÁNÍ

Lidé dávno vědí, že světlo je základ života, pohody a zdraví. Dostatečné světlo motivuje člověka k činnosti, práci, povzbuzuje jeho náladu a vytváří příjemnou atmosféru. [10] Abychom mohli s touto filozofií pracovat, je nutné světelné obory blíže studovat, poznávat a její vlastnosti přesně definovat. Problematika osvětlování vyžaduje vzájemnou spolupráci mezi výzkumníky, konstruktéry a matematiky. Nutností pro tuto spolupráci je vznik předpisů a norem, které dále využíváme na všech úrovních projektování.

Vstupem České republiky do Evropské unie dne 1.5.2004 se pro nás významně rozšířilo ekonomické pole působnosti do všech jejich členských zemí. Na tuto skutečnost reagovaly i české předpisy, které se v posledních letech velkou měrou harmonizují s evropskými.

Harmonizace norem je ve světelné technice nezbytná z důvodu např. náročného způsobu navrhování spojeného s výpočtem světelně – technických parametrů. V dnešní době se k těmto úkonům využívá softwarová podpora se simulací vybraného návrhu od různých výrobců. Proto by měl každý z nich dodržovat jednotnou terminologii a filozofii.

V rámci této práce, ve které je řešeno osvětlení v dole, budou porovnány terminologie 3 současných základních harmonizovaných Evropských norem pro osvětlování se současnou českou řadou pro osvětlování v dole, popsanou v části I této práce. Níže uvedené normy jsem vybral z toho důvodu, že se **každá z nich nějakým způsobem řešení světelně – technických parametrů v dole dotýká** a je možné při rešerši pojmů nejlépe objasnit jejich základní principy. Jedná se o:

- ČSN EN 12464-1 – Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory
- ČSN EN 12464-2 – Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 2: Venkovní pracovní prostory
- ČSN EN 13201-x – Osvětlení pozemních komunikací (všechny části)

1. Porovnání terminologie ČSN EN 12464-x a ČSN EN 13201-x s ČSN 36 0050-x

1.1. ČSN EN 12464-x

Obě části této normy mají velké odlišnosti v názvosloví a filozofii v požadavcích na osvětlování vnitřních, resp. venkovních prostor oproti již dříve zmíněné ČSN 36 0050-x.

1.1.1. Rozložení jasů a činitel odrazu

Je základním kvalitativním parametrem osvětlení. Pro zrakový výkon, zrakovou pohodu a zamezení únavy jsou rozhodující jasy a jejich rozložení v zorném poli. Jas je veličina, na kterou oko přímo reaguje. [2] Z této základní filozofie vychází i norma řady ČSN EN 12464-x.

Aby bylo možné identifikovat rozložení jasů v zorném poli prostoru, je nezbytné zvolit vhodné činitele odrazu ρ [-] povrchů ploch, na které světlo dopadá. Tento údaj je vyjádřením jednoho z 3 parametrů světelně - technických vlastností materiálu, který má podstatný vliv na kvantitativní, ale i kvalitativní ukazatel vnitřního osvětlení a hospodárnost osvětlovacího zařízení. [1]

Porovnání s ČSN 36 0050-x:

Tato řada norem neřeší a nevyužívá v žádném ohledu světelně – technické vlastnosti materiálu. Vzhledem k tomu, že v dole není čisté prostředí, je možné při výpočtu předpokládat nulový činitel odrazu. Pokud by však výpočtový software vyžadoval uvést nenulovou hodnotu, je třeba zvolit minimální možnou, např. v řádu desetin.

1.1.2.Osvětlenost, rovnoměrnost a udržovací činitel

Vzhledem ke složitosti popisu světelně – technických podmínek pomocí jasů se v praxi úroveň osvětlení ve vnitřních prostorech popisuje hodnotami osvětlenosti. [1] Norma řady ČSN EN 12464-x přímo tabulkově předepisuje hodnoty udržované osvětlenosti E_m [lx] a rovnoměrnost U_0 [-] na srovnávací rovině pro různé pracovní úkony nebo činnosti. Z dalších požadavků souvisejících s osvětleností je dodržování její správné intenzity v bezprostředním okolí a pozadí úkolu. Jde o pás šířky min 0,5 m kolem místa zrakového úkolu. [6]

Udržovací činitel MF [-] je definován jako podíl průměrné udržovací hodnoty E_m [lx] a průměrné osvětlenosti E_0 [lx] zajištěné osvětlovací soustavou v novém stavu. [1] Vypočtená hodnota tohoto činitele v sobě zahrnuje metodu plánu údržby společně se zohledněním stárnutí světelných zdrojů. Způsob výpočtu najdeme např. v CIE 97:2005 nebo TNI 36 0451. Platí tedy:

$$E_m = E_0 \cdot MF \text{ [lx]}$$

Porovnání s ČSN 36 0050-x:

Osvětlenost na pracovní rovině a rovnoměrnost dle této normy byla již popsána v kapitole č. 2.1.1. části I této práce. Rád bych uvedl pouze srovnání rozdílného názvosloví. Norma pro vyjádření průměrné udržované hodnoty osvětlenosti na pracovní rovině pro předepsaný pracovní úkon nebo činnost E_m [lx] je zde prezentována jako jmenovitá směrná hodnota osvětlenosti E_n [lx]. Požadavek na intenzitu osvětlenosti bezprostředního okolí úkolu není dále stanoven vůbec. Platí tedy:

$$E_m = E_n \text{ [lx]}$$

$$E_0 = E_n \cdot p \text{ [lx]}$$

Kde:

p – návrhový koeficient popsáný v kapitole 2.1.1., části I této práce. Tento parametr je oproti srovnávané normě pevně stanoven a je inverzní k činiteli MF [-]. Jeho správné vyjádření a dosazení do výpočtu je zcela zásadní. Platí:

$$MF = \frac{1}{p} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ [-]}$$

Rovnoměrnost je v obou normách chápána stejným způsobem. Liší se pouze v interpretaci. Mezitím co ČSN EN 12464-x vyjadřuje rovnoměrnost v číselné podobě, v ČSN 36 0050 se setkáme s vyjádřením v podobě pevně daného poměru.

$$U_0 = \frac{E_{min}}{E_m} = \frac{1}{3} \text{ [-]}$$

Srovnávaný parametr	Popsaný parametr dle ČSN 36 0050-x	Popsaný parametr dle ČSN EN 12464-x
Průměrná osvětlenost	$E_n \cdot p$ [lx]	E_0 [lx]
Udržovaná hodnota intenzity osvětlení	E_n [lx]	E_m [lx]
Udržovací činitel osvětlovací soustavy	$p = 2$ [-]	$MF = 0,5$ [-]
Rovnoměrnost	$\frac{E_{min}}{E_m} > \frac{1}{3}$ [-]	$U_0 > 0,33$ [-]

Tabulka č. 2 – Srovnávací tabulka odlišností v názvosloví

1.1.3. Omezení oslnění

Oslnění je nepříznivý stav zraku, k němuž dochází, je-li sítnice nebo její část vystavena jasů vyššímu než na který je oko adaptováno. Z hlediska světelné techniky je nejdůležitější oslnění kontrastem (relativní oslnění) způsobené tím, že se v zorném poli vyskytnou jasy (např. vlivem primárních či sekundárních zdrojů) příliš velké v porovnání s jasnem, na který je zrak adaptován. [1]

Vzhledem k tomu, že se přístup k hodnocení dle ČSN EN 12464-x a ČSN EN 13201-x značně liší, budou jednotlivé způsoby v krátkosti probrány.

Hodnocení oslnění dle ČSN EN 12464-1

Tato norma stanovuje požadavky na osvětlení pro vnitřní pracovní prostory z hlediska zrakové pohody a zrakového výkonu osob s normálním zrakem. [6] V rámci nových norem se k hodnocení úrovně rušivého oslnění ve vnitřních prostorech používá index oslnění UGR , který vychází ze vztahu: [1]

$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right) [-]$$

kde:

L_b – je jas pozadí vypočítaný jako E_{ind}/π , kde E_{ind} je svislá nepřímá osvětlenost oka pozorovatele [cd/m^2]

L – jas svítících částí každého svítidla ve směru oka pozorovatele [cd/m^2]

ω – prostorový úhel (ve steradiánech) svítící části každého svítidla vzhledem k oku pozorovatele [sr]

p – činitel podle Gutha pro každé svítidlo podle jeho odklonu od směru pohledu [-]

Podíváme-li se blíže na část vzorce ohraničeného závorkou, jedná se v podstatě o způsob hodnocení, který poměrově porovnává jas právě vnímaného pozadí s jasnem všech svítidel pozorovaných ve směru oka.

Hodnocení oslnění dle ČSN EN 12464-2

Tato norma stanovuje požadavky na osvětlení pro venkovní pracovní prostory z hlediska zrakové pohody a zrakového výkonu. [6] Přímé oslnění svítidla venkovních osvětlovacích soustav se musí stanovit metodou činitele oslnění GR ze vzorce: [6]

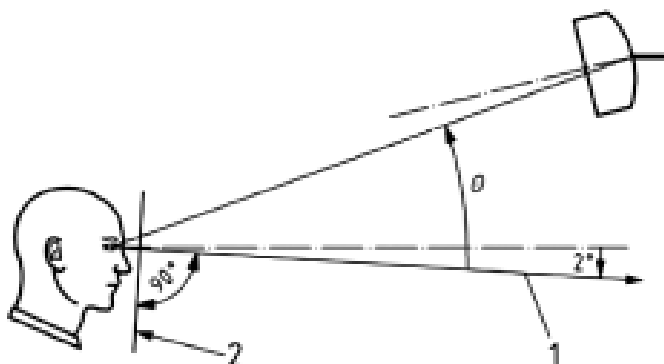
$$GR = 27 + 27 \log\left(\frac{L_{vi}}{L_{ve}^{0,9}}\right)[-]$$

kde:

L_{vi} – celkový závojevý jas způsobený osvětlovací soustavou, je to součet jednotlivých závojevých jasů všech svítidel ($L_{vi} = L_{v1} + L_{v2} + \dots + L_{vn}$). Závojevý jas svítidla se vypočítá $L_v = 10(E_{eye}/\Theta^2)$, kde E_{eye} je osvětlenost (v místě) oka pozorovatele v rovině kolmé na směr pohledu (2° pod vodorovný směr viz. obr. 4) a Θ je úhel mezi směrem pohledu a směrem světla dopadajícího od svítidla. [cd/m^2]

L_{ve} – ekvivalentní závojevý jas pozadí. Za předpokladu, že odraz pozadí je rovnoměrně rozptýlný, lze ekvivalentní závojevý jas pozadí vypočítat takto: $L_{ve} = 0,035 \rho \cdot E_{hav} \cdot \pi^{-1}$, kde ρ [-] je průměrný činitel odrazu a E_{hav} [lx] průměrná horizontální osvětlenost prostoru. [cd/m^2]

Podíváme-li se i tady blíže na část vzorce ohraničeného závorkou, zjistíme, že místo jasu pozadí (jako tomu bylo u hodnocení dle UGR) se poměrově porovnává předpokládaný ekvivalentní závojevý jas pozadí (což se dá zjednodušeně vyjádřit jako jas, jehož velikost závisí na hodnotě osvětlenosti v úrovni očí pozorovatele) se závojeovým jasnem všech oslňujících zdrojů viditelných v kolmé rovině na směr pohledu pod úhlem 2° .



Obr. č. 4 – Geometrický popis parametrů pro výpočet činitele GR [1]

Hodnocení oslnění dle ČSN EN 13201-x

Tato řada norem se zabývá osvětlením pozemních komunikací. Je obsahově rozdělena na 4 části, které řeší postupně požadavky, např. výběr tříd osvětlení komunikace, kdo se na ní bude pohybovat a jakou rychlostí, způsob výpočtu, zpětnou kontrolu měření atd.

Velkou odlišností od předchozích norem je skutečnost, že u pozemních komunikací pro motorovou dopravu se množství světla hodnotí jasnem povrchu komunikace, se kterou souvisí jak zrakový výkon, tak zraková pohoda řidičů. [1] V rámci ČSN EN 13201-2 je pro motorovou dopravu předepsaná průměrná udržovaná hodnota jasu povrchu komunikace, která se kontroluje ve všech jízdních pružích.

Díky tomuto způsobu řešení je dle této normy zvoleno hodnocení oslnění pomocí parametru TI [%] který byl již zmíněn v čl. č. 2.1.2 části I této práce. Vzhledem k **odlišné interpretaci mezi touto a důlní normou** bych rád způsob výpočtu probral ještě jednou.

TI [%] je parametr, který hodnotí omezující oslnění relativním přírůstkem prahu rozlišitelnosti jasu. Jeho hodnota závisí na poměru závojevého jasu svítidel a jasu povrchu komunikace. Hodnota TI [%] je také přímo úměrná věku řidiče.

$$TI = 65 \frac{L_v}{L_p^{0,8}} 100 \text{ [%]} \quad [8]$$

kde:

L_v – ekvivalentní závojevý jas svítidel v $[\text{cd}/\text{m}^2]$. Výška očí pozorovatele pro výpočet se předpokládá 1,5 m nad vozovkou a úklon očí 1° $[\text{cd}/\text{m}^2]$

L_p – počáteční průměrný jas vozovky $[\text{cd}/\text{m}^2]$

Porovnání s ČSN 36 0050-x:

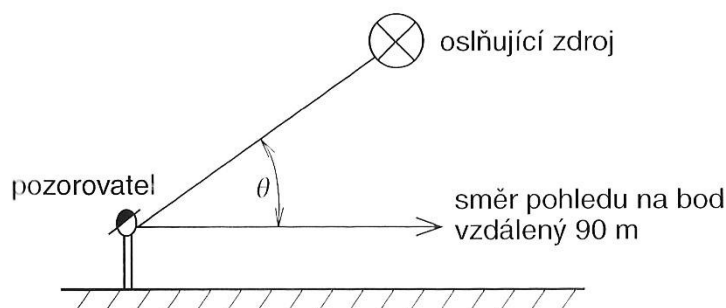
Porovnávání způsobu hodnocení oslnění dle současných norem je obecně velmi složité a to z důvodu samotné volby přístupu k jeho hodnocení. V této normě bylo vybráno hodnocení pomocí parametru TI [%]. Tak jako v předchozích porovnáních, i v této části najdeme odlišnosti v definicích a terminologii oproti srovnávané normě ČSN EN 13201-x, která tento způsob výpočtu také řeší. Např. ekvivalentní závojevý jas L_v $[\text{cd}/\text{m}^2]$ je zde označen jako L_{seq} $[\text{cd}/\text{m}^2]$. Podíváme-li se na způsoby jejich výpočtů v obou normách, zjistíme, že se jedná o identické vztahy s tím rozdílem, že norma ČSN 36 0050-1 nezohledňuje věk řidiče, v našem případě pozorovatele jako ČSN EN 13201-x. Ve vztahu je zastoupena pevně konstantou, která odpovídá věku 23 let. Další odlišností je parametr ve jmenovateli vztahu pro výpočet TI [%], a to průměrný jas vozovky L_p $[\text{cd}/\text{m}^2]$, který je zastoupen proměnnou L_u $[\text{cd}/\text{m}^2]$, což je jas náhradního zorného pole, který působí stejný adaptační stav zraku jako uvažované zorné pole, tedy počvu/podloží chodby.

Jako jeden z nejdůležitějších kroků pro výpočet parametru TI [%] je správné sestrojení geometrického popisu k získání vstupních informací. Udává nám, jaké postavení má pozorovatel vzhledem k předpokládanému oslňujícímu zdroji a směr jeho pohledu. Tento popis se v právě srovnávaných normách značně liší. V čl. č. 2.1.2 části I této práce je obrázek č. 1, který udává, jaké postavení má pozorovatel dle ČSN 36 0050-1. Norma ČSN EN 13201-x neposkytuje grafickou podobu, ale základní slovní popis, který říká, že: „Výška očí pozorovatele pro výpočet se předpokládá

1,5 m nad vozovkou a úklon očí 1° . Hrubý náčrt pro představu je uveden na obrázku č. 5. Tabulka č. 3 poskytuje srovnání zmíněných geometrických odlišností.

Srovnávaný parametr	Geometrický popis dle ČSN 36 0050-1	Geometrický popis dle ČSN EN 13201-3
Výška očí pozorovatele	1,7 [m]	1,5 [m]
Úhel úklonu očí	20°	1°
Vzdálenost pole kontrolních bodů	$l_{d(TI)} = 2,75(H-1,5)$ [m]	$l_{d(TI)} = 5 + n \cdot a$ [m]
kde: H – montážní výška uvažovaného svítidla [m] n – číslo oslňujícího světelného zdroje		

Tabulka č. 3 – Srovnávací tabulka odlišností v geometrickém popisu



Obr. č. 5 – Základní geometrický popis postavení pozorovatele [1]

Důležitou skutečností, kterou je potřeba si při projektování nebo řešení světelně – technických částí v dole v souvislosti s oslňením uvědomit je to, že dnešní výpočtový software je zpracován a aktualizován s uvažováním současných evropských norem. Doly jsou i v tomto ohledu specifikem. Proto chceme-li počítat, simulovat nebo jakkoliv řešit světelné situace v dole, musíme se tomu buď přizpůsobit, nebo oslovit výrobce, aby vytvořil nějakou nádstavbu (plug-in), která výstupní výpočtové listy přizpůsobí. Obojí přístup je relevantní, protože software pracuje na principu matematické modelace s uživatelským rozhraním. V prvním případě ale budeme ve výpočtu posuzovat vliv závojevého jasu poněkud přísněji, protože norma ČSN EN 13201-3 předepisuje úklon očí vzhledem ke směru pohledu pouze 1° oproti ČSN 36 0050-1, která uvažuje s 20° . Čím větší úklon od směru pohledu bude pozorovatel mít, tím více dochází k přirozené redukci oslňení.

2. Celkové zhodnocení

V této části byla porovnána terminologie současných norem na osvětlování, které se ať už přímo nebo nepřímo dotýkají světelně – technického řešení v dole. Hned v úvodu bylo zmíněno, že se současná normativa snaží upravovat, harmonizovat nebo aspoň přibližovat k Evropským. ČSN 36 0050-x je podle hodnocení v části II této práce jakýmsi průnikem všech srovnávaných norem s odlišně popsanou terminologií. Pro správné navrhování a projektování osvětlovacích soustav je sjednocení pojmů zcela zásadní, a to hlavně z důvodu:

- složitostí ve výpočtech, které jsou částečně eliminovány možností využívání počítačového softwaru s jednotnou terminologií,
- nejednotné interpretace pojmů, které mohou vést k prodražování vývoje a konstrukce nových osvětlovacích těles s přihlédnutím na veškeré individuality,
- kvality návrhu osvětlovací soustavy při nesprávném výkladu textu norem.

3. Plánované změny v ČSN 36 0050-x

Při konzultacích a diskuzích se svým současným vedoucím bakalářské práce Ing. Tomášem Novákem, Ph.D. ohledně projektování osvětlení v dole bylo rozhodnuto učinit takové kroky, které by vedly k aktualizaci normy řady ČSN 36 0050-x z 1.7.1996.

Dne 25.9.2013 jsem byl přítomen prvního oficiálního jednání na půdě VŠB – TUO, kde započalo jednání o návrhu změn s budoucím zpracovatelem panem Ing. Milošem Vavřínem, zaměstnancem CTN, VVUÚ, a.s., Ostrava – Radvanice, IČ 45193380.

Dne 12.1.2014 byl k dispozici 2. návrh přepracované normy, k jejíchž hlavním změnám patří:

- shodný výklad termínů a definice s řadou normy ČSN EN 12464-x. Jedná se zejména o termíny:
 - index podání barev R_a [-]
 - mezní hodnota činitele oslnění GR_L [-]
 - rovnoměrnost U_0 [-]
 - udržovaná osvětlenost E_m [lx]
 - udržovací činitel MF [-]
- osvětlení místa zrakového úkolu – shodný výklad s ČSN EN 12464-2
- definovaná síť kontrolních bodů osvětlenosti – obdoba ČSN EN 12464-2
- oslnění dle GR – filozofie shodná s ČSN EN 12464-2
- tabulka požadavků na osvětlení prostorů, úkolů a činností v podzemí dolů – rozšířená o další druhy úkolů nebo činností oproti ČSN 36 0050-x z 1.7.1996.

III. ROZBOR TECHNOLOGICKÝCH MOŽNOSTÍ OSVĚTLOVÁNÍ DŮLNÍCH PROSTOR

Předchozí části této práce měly za úkol zhodnotit současnou legislativu, která vede k vytvoření takových světelně – technických podmínek, aby v souladu s dnešními poznatky o světle umožnily lidem účinně a přesně vykonávat svůj zrakový úkol. Bylo také řečeno, že je nutné světelné obory blíže studovat, poznávat a jejich vlastnosti přesně definovat a také že otevírá možnosti vzájemné spolupráce mezi výzkumníky, konstruktéry atd. Protože světlo, jeho původ, způsob šíření a vnímání jsou parametry pevně dané jeho fyzikální podstatou, je kladen největší nárok právě na již zmíněné konstruktéry svítidel a následně projektanty.

1. Charakteristika důlního prostředí

Důl je prostor, kde se těží nerostné bohatství (např. uhlí, rudy) a patří zde samozřejmě i lomy. Tato práce je zaměřena pouze na doly uhelné, proto můžeme tento prostor označit jako podzemní, s různými profily. Chodby jsou ve většině případů označovány a vztahované k základnímu kruhovému průřezu a samotné pracoviště je pak řešené podle potřebné dispozice k vykonávané práci. K zajištění vlastní těžby je potřeba, aby byl důl vybaven potřebným strojním a elektro – zařízením, které má práci ulehčit a zabezpečit základní pracovní podmínky a bezpečnost. Všechny tyto prostředky jsou zajišťovány z povrchových pracovišť a některé z nich jsou trvale vedené jámami (např. hasební voda, vzduch atd.).

Už z tohoto popisu vyplývá, že důlní prostory mají svůj základní profil vybaven zařízením, jako je potrubí, dopravní koleje, závěsné koleje pro dopravu drážkou, kabelové vedení VN, NN, sdělovací apod. Tato výbava je ve většině případů vedená pod stropem (horní část profilu). Z tohoto důvodu jsme při navrhování jakéhokoliv stacionárního zařízení, ke kterému osvětlovací tělesa rozhodně patří, omezení prostorovou dispozicí, tedy **výškou zavěšení**. Dalším významným problémem je samotná povaha prostředí v těchto prostorech, která bývá nestálá. Setkáme se jak s mokřím, tak přesušeným, velmi prašným prostředím a s vnějšími vlivy možného výskytu důlních plynů, zejména metanu. Z hlediska světelně – technických parametrů nemůžeme ve většině případů počítat s **odrazností povrchů** ploch, na které světlo dopadá. Na obrázku č. 6 je možné vidět obvyklé uspořádání strojní výbavy chodby a pracoviště 5. p. dolu Jeremenko (základní průměr profilu chodeb je 5 m).



Obr. č. 6 – Fotografie důlního prostoru zleva chodby a pracoviště strojovny vzduchového jeřábu 5. patra dolu Jeremenko – foto Rostislav Mutina

2. Technologické možnosti

O požadavcích na elektrické zařízení v dole bylo již pojednáno v čl. č. 2.1.4. části I této práce. Kdybychom k tomu ještě přidali veškeré zmíněné požadavky, které byly popsány v dalších kapitolách, zjistíme, že výrobci a konstruktéři neustále řeší úkoly spojené s výrobou, konstrukcí a v neposlední řadě certifikací o přezkoušení ATEX. Zároveň je na ně kladen i tlak spotřebitelů, kteří se při obnovování osvětlovacích soustav snaží o modernizaci a technologické změny, které by jim mohli v konečné fázi ušetřit celkové náklady na provoz při dodržení předepsaných parametrů. Těchto výrobců není v České republice mnoho. V následujícím textu je porovnán dřívější stav se současnými trendy v osvětlování dolů. Pro toto porovnání jsem si vybral prostory dolu Jeremenko v Ostravě - Vítkovicích a dolu Žofie v Orlové – Porubě, které jsou ve správě společnosti DIAMO s.p., o.z. Odra, Sirotčí ul. 1145/7, 703 86 Ostrava – Vítkovice.

2.1. Původní stav

Původní a dosud přetrvávající stav zmíněných dolů prezentují dřívější způsob osvětlování pomocí tehdy obvyklých typů používaných svítidel:

Výrobce	Elektrosvit
Typ	511 13 09
Materiál	Kov
Světelný zdroj	Žárovka
Příkon	až 150 W
Měrný výkon	15 lm/W



Výrobce	Elektrosvit
Typ	511 13 08
Materiál	Kov
Světelný zdroj	HQL 125 W
Příkon	137 W
Měrný výkon	50 lm/W



Obr. č. 7, 8 a 9 – Fotografie původních svítidel 5. patra dolu Jeremenko – foto Jiří Novák

Výrobce	Elektrosvit a.s.
Typ	511 13 30
Materiál	Hliník
Světelný zdroj	Žárovka
Příkon	až 150 W
Měrný výkon	15 lm/W



Do této základní typové řady používaných svítidel chybí doplnit ještě zářivkové trubice, kterými byla osvětlována například lanovková dráha z 8. na 7. p dolu Jeremenko (dnes již nepřístupné prostory). Jednalo se o způsob osvětlení kompaktními svítidly, tak jak jej definuje ČSN 36 0050-1. Z uvedených typů je svítidlo Elektrosvit 511 13 30 (které je na obr. č. 9) nejméně vhodné pro použití do důlního prostředí. Důvodem je nevhodný výběr jeho konstrukčního materiálu z AlSi, který podléhá rychlé korozi, a tím následně podpoří i destrukci závitu příruby ochranného skla. Po poměrně krátké době je téměř nemožné vyměnit světelný zdroj. Používání hliníku v dole bylo později omezeno úplně.

2.2. Současný stav

Současný trend v osvětlování, který se sebou přináší novější technologie, si klade za cíl snížit spotřebu elektrické energie, což je významný ekonomický a ekologický ukazatel, o který je stále větší zájem. V mnoha případech velké podniky plánují rekonstruování stávajícího stavu osvětlení, popřípadě nahrazují jednotlivá osvětlovací tělesa při poruchách již novými a moderními. Reakcí na tyto skutečnosti je pak vlastní investování výrobců do vývoje nových osvětlovacích těles, popřípadě modernizaci již osvědčených stávajících typů (převážně jde o výměnu světelného zdroje), které zajistí pouhou náhradu za staré.

Důlní prostory nejsou v této oblasti výjimkou a jsou pro výrobce zajímavým ekonomickým polem pro budoucí investice, a to i z důvodu jejich malého zastoupení na trhu v České republice. V předchozím odstavci bylo řečeno, že je možné povýšit stávající osvětlovací soustavu pouhou výměnou světelného zdroje. Toto řešení je v prvním stádiu změn samozřejmě nejjednodušší a zároveň i pro danou chvíli nejlevnější. Většina současných svítidel je osazena obyčejnými žárovkami, které je možné jednoduše vyměnit za kompaktní zářivky. Ihned se sníží spotřeba elektrické energie a je možné nějakou dobu takovou soustavu provozovat. Dalším stádiem v rozhodnutí modernizovat osvětlovací soustavu je skončení její životnosti (např. destrukcí vlivem prostředí) a následná větší poruchovost. Tato skutečnost může iniciovat k postupné výměně stávajících těles za nové. Nemyslím si však, že je toto řešení z dlouhodobého hlediska výhodné. Podíváme-li se zpět, např. na obr. č. 6 čl. č. 2 části III této práce, můžeme si všimnout, že na levé fotografii jsou současná svítidla umístěná někde mezi potrubím a zároveň nad ním. Navádí to k zamyšlení, jestli je to takto v pořádku, protože na chodbě, kde je předepsaná relativně malá hodnota udržované osvětlenosti na podloží, nemusí být takto zajištěna rovnoměrnost díky clonění prostředním potrubím. Proto bych v takových případech navrhoval hlubší analýzu všech prostor takového dolu a na místo výměny stávajících vysloužilých svítidel za nové podobného typu zpracoval úplně novou koncepci s celkovým hodnocením výhodnosti a samozřejmě energetické náročnosti.

2.3. Současná nabídka na trhu

V dřívějších dobách, zejména před rokem 1989, byla nabídka jakýkoliv svítidel v České republice značně omezená na pár typů, které se běžně používaly. Nebylo výjimkou setkat se na různých pracovištích, ať už to byly kanceláře, obytné místnosti nebo průmyslové objekty, se stejnými typy svítidel. Dnešní doba je otevřená konkurenčnímu boji mezi různými výrobci, kteří se snaží upoutat na sebe pozornost svým jedinečným konstrukčním zpracováním nebo jinými přednostmi. I když výrobců důlních svítidel není mnoho, nemůžeme je tady všechny uvést. V této části bych rád představil pár typů nových svítidel, se kterými jsem měl možnost v praxi pracovat. Pro jejich odlišení volím rozdělení podle druhů světelných zdrojů.

a) Klasická svítidla s vyměnitelnými světelnými zdroji

Zástupci těchto typů svítidel byli uvedeni v čl. č. 2.1 části III. V současné době je možno pořídit stejnou typovou řadu se stejným konstrukčním zpracováním. Rozšířenou volbou je možnost tyto tělesa použít s různými světelnými zdroji (kompaktní zářivka, výbojka, halogenová žárovka) v běžném závitovém provedení a samozřejmě možností dovybavením tlumivkou v případě použití výbojek. Na obrázku č. 10 je uveden nejběžnější typ této skupiny svítidel od českého výrobce Elektrosvit Svatobořice a.s.



Obr. č. 10 – Fotografie svítidla a předřadníku Elektrosvit Svatobořice a.s. [13]

b) Alternativní svítidla s použitím zářivkových světelných zdrojů

Při výběru vhodných svítidel jsem komunikoval s konstruktéry, ať už na domácím nebo zahraničním trhu. Protože sousední Polská republika má také bohatou zkušenost s hornickou činností, oslovil jsem společnost Elektrometal SA, ul. Stawowa 71, 43-400 Cieszyn. Dle sortimentu nabídky mě zaujal zajímavý systém, který měl velice jednoduchá tradiční a cenově dostupná osvětlovací tělesa. Výrobce však neměl ke všem svídlům zpracovanou výpočtovou knihovnu pro softwarovou podporu.

Dalším výrobcem na zahraničním trhu byla německá společnost Bösha GmbH & Co. KG, Industriegebiet Heidberg 21, D-59602 Rüthen, která ve svém sortimentu svítidel určených pro důl, nabízela převážně zářivková svítidla různých provedení a tvarů. Ve výběru byla také možnost zvolit u některých svítidel materiál povrchového zpracování (plast/kov). Pro porovnání a projektový návrh osvětlení důlních prostor 5. dolu Jeremenko byl vybrán jeden druh svítidel řady BS52.



Obr. č. 11 – Fotografie svítidla zleva typ OLU-08 a RLE-1 společnosti Elektrometal SA. [14] a typ BS672... společnosti Bösha GmbH & Co. KG [15]

c) Moderní svítidla s použitím LED světelného zdroje

Systém osvětlení pomocí LED technologie se v dnešní době dostává do popředí díky velké úspoře energie oproti klasickým žárovkám (až o 80%), dlouhé životnosti, která se v technickém popisu udává 25 000 – 50 000 tisíc hodin, s okamžitým nástupem na plný výkon a naprostou kontrolou nad teplotou světla. [11] Na tyto skutečnosti reagovali výrobci svítidel určených jak do bytových, tak i průmyslových prostor.

Pokud se rozhodneme pro takové osvětlovací tělesa, je potřeba dobře zvážit jejich výběr. U LED technologie je totiž důležitá nejen životnost samotného zářiče, ale i napájecího předřadníku. Průmyslová svítidla, se kterými jsem se setkal, zároveň neumožňovala jednoduchou výměnu světelných zdrojů tak, jak jsme zvyklí u klasických žárovek, ale spočívala v odborném zásahu údržby, tedy osoby s elektrotechnickou kvalifikací. Na obrázku č. 12 je katalogová fotografie LED svítidla SWIT-08T spol. Elektrometal SA, které je dle technického popisu určené pro osvětlení porubů a nový produkt spol. Elektrosvit Svatobořice a.s., ozn. MINIMINEX. Poslední zmíněný typ bude také použit pro porovnání v projektovém návrhu osvětlení důlních prostor 5. p. dolu Jeremenko.



Obr. č. 12 – Fotografie svítidla zleva typ SWIT-08T společnosti Elektrometal SA. [14] a typ MINIMINEX společnosti Elektrosvit Svatobořice a.s. [13]

d) Svítidla s použitím technologie s indukčními výbojkami

Osvětlovací tělesa využívající zdroje s indukčními výbojkami jsou také zajímavou alternativou pro osvětlování v prostorech s nebezpečím výbuchu, zejména v místech se špatnou dostupností k samotným osvětlovacím tělesům. Jsou to zdroje podobné zářivkám, v nichž je na rozdíl od klasického provedení výboj buzen vnějším vysokofrekvenčním polem. Velkou výhodou pro použití v těchto prostorech je skutečnost, že nejsou napájeny kontaktně (nemají elektrody k zapálení hoření). Odpadá tak mechanické místo, kdy vlivem poruchy na napájecích kontaktech světelného zdroje (např. při znečištění) může dojít k poruše. Díky tomu jsou zároveň svítidla jednodušší na výrobu z hlediska jejich konstrukce. Protože jsou výbojky napájené vysokofrekvenčně, nezpůsobují stroboskopický efekt.

K jejich dalším přednostem patří:

- vysoká svítivost a její malý pokles v průběhu životnosti,
- dlouhá životnost (až 60 000h) se stabilní teplotou chromatičnosti,
- velmi krátká doba náběhu do plného svitu (nemá zvýšený odběr ze sítě), vhodné pro časté spínání,

- jednoduchá výměna světelných zdrojů.

Na obrázku č. 13 jsou katalogové fotografie svítidel s indukčními výbojkami, které jsou určeny do nevýbušného prostředí čínského výrobce Senben Explosion - proof Electric (Shanghai) Co., Ltd., které jsou k dispozici i s certifikací pro český trh, dodávané fy. OSTEOS SERVICE, s.r.o. Při komunikaci přímo s výrobcem i dodavatelem těchto svítidel jsem se dozvěděl, že výrobky nemají certifikaci pro použití v dole, což je důležité zjištění. O nutnosti používat výhradně zařízení určené pro provoz v dole a certifikaci o přezkoušení typu ATEX, bylo pojednáno již v čl. 2.1.4. části I této práce. Z tohoto důvodu nebyla tato svítidla zařazena do porovnání v projektovém návrhu osvětlení důlních prostor 5. p. dolu Jeremenko. Při dalším průzkumu trhu jsem dále nenarazil na jiného výrobce, který by důlní svítidla ve variantě s indukční výbojkou nabízel.



Obr. č. 13 – Fotografie svítidla zleva typ SBD1102-YQL40, SBD3103 a SBD3108 společnosti Senben Explosion - proof Electric (Shanghai) Co., Ltd. [16]

IV. ALTERNATIVNÍ NÁVRHY OSVĚTLENÍ DŮLNÍCH PROSTOR DOLU JEREMENKO, VČETNĚ ROZBORU FINANČNÍ NÁROČNOSTI MOŽNÉ REALIZACE

Projektování je činnost, která vede k vytvoření projektové dokumentace, což je soubor schémat a výkresů doplněných textovou částí sloužící jako popis stavby, stroje nebo jiného hmotného objektu pro výrobní a stavební proces. [12] Protože výsledkem této práce je vytvoření nové projektové dokumentace osvětlení dolu Jeremenko, je v tomto případě nutné provést rozbor více variant způsobů možného osvětlení, jejich porovnání a následný výběr nejvýhodnějšího řešení. Takovýto návrh může v praxi dále posloužit například jako část dokumentace pro výběrové řízení k zakázce.

1. Projektové podklady

Důl Jeremenko je ve správě podniku DIAMO, s.p., o.z. ODRA, v současné době využíván jako vodní jáma. Je přístupný pouze na úrovni 5. p, kde probíhají veškeré práce. Alternativní návrhy budou proto vztahovány pouze na toto patro a budou se týkat pouze světelně - technické části.

Aby bylo možné zpracovat tento návrh, je nutné získat vstupní údaje od jednotlivých řešených prostor, které budou mít dostatečnou vypovídající schopnost, důležitou k určení světelně – technických parametrů daných v současné době platnou normou ČSN 36 0050-x. Patří zde:

- prostorová dispozice skutečného stavu dolu s řezovým profilem chodeb a pracovišť,
- protokoly o určení prostředí,
- popis pracovních činností v jednotlivých bodech řešení,
- fotodokumentace (je-li k dispozici).

Podnik DIAMO, s.p., o.z. ODRA má k dispozici výkresovou dokumentaci zpracovanou pouze v papírové podobě, vytvořenou v roce 1995. Má-li se provést nový návrh, je nutná její digitalizace, aby bylo možné vybranou variantu zkompletovat pomocí moderních projekčních prostředků. V zadání této práce bylo předepsáno zpracování projektové dokumentace v SW platformě Engineering Base.

2. Požadavky na pracovní prostory

Dle předložené výkresové dokumentace, místní analýzy a konzultace s pracovníky, kteří v příslušných prostorech 5. p dolu Jeremenko pracují, byly tyto prostory z hlediska světelně - technického určení rozděleny na 9 samostatných částí:

- náraziště - 5. patro jámy č. 3,
- překop č. 993430 část č. 1,
- překladiště závěsné drážky č. 1,
- rozvodna č. 050,
- překop č. 993430 část č. 2,
- stanoviště komory jeřábu,

- úpadnice č. 993450,
- překladiště závěsné drážky č. 2 a montážní plošina,
- přístupová trasa z komory jeřábu k nástupní plošině - 5. patra jámy č. 1.

Podrobná specifikace pracovních činností v těchto prostorech je uvedena v příloze č. 1 této práce, označená projektovým číslem 14 0103 z 3.1.2014.

3. Současný stav

Prostor 5. patra dolu Jeremenko je osvětlen z větší části původními žárovkovými svítidly Elektrosvit typ 511 13 09 a následně výbojkovými Elektrosvit typ 511 13 08 pro místní přisvětlení pracovních prostor náraziště jámy č. 3 a plošiny čerpadel. Do napájecí větve osvětlení patří také signální a ovládací část vodorovné dopravy po patře. Pro napájení celého světelného systému jsou použity 3 transformátorové stanice typ HA-dk8.5/VKD6-4,5-05-200/215/230-3-3, výrobce Hamacher Polsko, $\Sigma S = 13,5 \text{ kVA}$.

Měřením bylo zjištěno, že při plném zatížení osvětlením bez soudobosti dosahuje příkon $S = 14,6 \text{ kVA}$. V původní projektové dokumentaci rozvodů v dole, ozn. č. 03-035 z 15.8.2003 - zpracoval projektant Zdeněk Koblovský, je z hlediska osvětlení řešeno pouze napájení, **chybí světelně - technický výpočet**. Osvětlovací soustava je zároveň vzhledem k dnešní době již **morálně i fyzicky zastaralá**.

4. Návrh řešení

Hlavním výstupním cílem návrhu je:

- snížení a minimalizování nákladů na provoz,
- minimalizování nákladu na údržbu (nároky na pravidelnou údržbu, výměnu světelných zdrojů, světelnou stálost),
- nutnost souladu osvětlení se současnou normou řady **ČSN 36 0050-x**.

Z požadavků na pracovní činnosti v prostorech 5. p dolu Jeremenko je zřejmé, že ze světelně - technického hlediska se jedná o cyklicky se opakující obvyklé situace, a to:

- pracoviště,
- přístupová chodba.

Z tohoto důvodu navrhuji:

- překreslení (digitalizování) předložené výkresové dokumentace v potřebném rozsahu tohoto návrhu a měřítku včetně řezů chodeb a situační mapy předmětné části dolu, pro vytvoření polohového schéma 5. patra v předepsané softwarové platformě,
- porovnání světelného návrhu pro dva vybrané zástupce těchto prostor (**modulární přístup** k návrhu),
- vícestranné zhodnocení vybraných návrhů.

Protože se v prostoru dolu **nenachází žádné pracoviště porubu se štítovou výztuží, ani přechod porub/chodba**, bude tento návrh zpracován pouze s ohledem k současné platné normě ČSN 36 0050-1.

4.1. Výběr způsobů osvětlení

Část III této práce pojednává o technologických možnostech osvětlení důlních prostor. I když výrobců důlních svítidel není mnoho, není žádné omezení v možnosti využít veškerých dnes dostupných technologií světelných zdrojů. V čl. č 2.2 části III této práce je také rozebrán v praxi běžný postup obnovy osvětlovací soustavy vyměňováním starých žárovkových světelných zdrojů za zářivkové. Proto 1. alternativní návrh bude zaměřen na zcela nový návrh s použitím zářivkových svítidel. Jako 2. variantu volím svítidla s obdobnou charakteristikou s LED technologií.

4.1.1. Varianta č. 1

Pro osvětlení zářivkovými svítidly jsem vybral tyto tělesa:

- pro osvětlení pracoviště

Výrobce svítidla	Bösha GmbH & Co. KG (Německo)
Označení	Luminaires
Typ svítidla	BS 52 5 200
Skupina a kategorie	I M2 EEx edq I, IP 66
Příkon	37 W
Světelný zdroj	2x Osram L18W/840
Světelný tok zdroje	2700 lm
Měrný světelný tok zdroje	75 lm/W
Index barevného podání	min. 80
Teplota chromatičnosti	4000 K (NB)
Životnost (průměrná)	20 000 h
Cena 1 ks svítidla bez DPH	481 EUR – odpovídá 13 247 Kč ¹



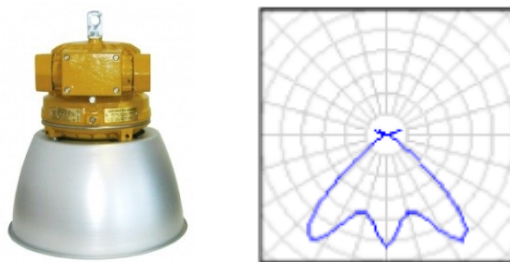
Obr. č. 13 – Specifikace svítidla a typ BS52... společnosti Bösha GmbH & Co. KG [15]

¹ – pro přepočtení na České koruny byl použit aktuální kurzovní lístek informačního webu Raiffeisen BANK, dostupný z <http://www.rb.cz> Dne 5.1.2014. - 1 EUR = 27,54 Kč

Důvodem výběru plošného svítidla pro osvětlení pracovních prostor je jeho lepší rozprostření světelné energie do prostoru a tím snazší dosažení rovnoměrnosti.

- pro osvětlení chodby

Výrobce svítidla	Elektrosvit Svatobořice, a.s.
Označení	Minex I
Typ svítidla	511 37 01
Skupina a kategorie	I M2 Ex d I Mb, IP 65
Příkon	17 W
Světelný zdroj	1x Osram DULUX DSST 17W/840
Světelný tok zdroje	970 lm
Měrný světelný tok zdroje	57 lm/W
Index barevného podání	min. 80
Teplota chromatičnosti	4000 K (NB)
Životnost (průměrná)	15 000 h
Cena 1 ks svítidla bez DPH	11 169 Kč



Obr. č. 14 – Specifikace svítidla a typ 511 37 01 společnosti Elektrosvit Svatobořice a.s. [13]

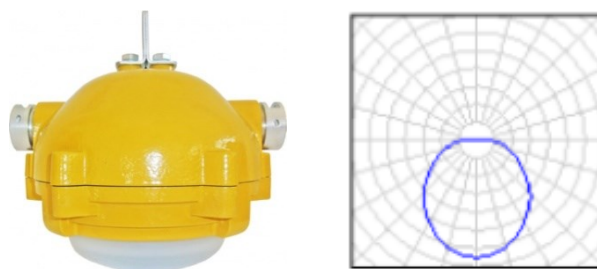
Pro osvětlení chodby je výhodnější použít kompaktní svítidla s širokou vyzařovací charakteristikou, a tím prodloužení obvyklé vzdálenosti mezi nimi při zachování rovnoměrnosti.

4.1.2.Varianta č. 2

Pro osvětlení LED technologií jsem vybral tyto kompaktní svítidla:

- pro osvětlení pracoviště

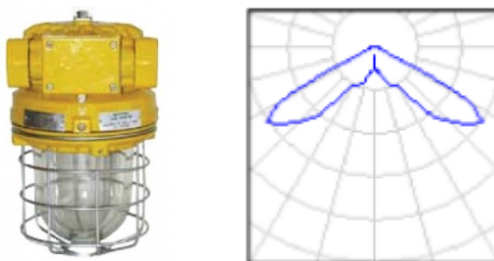
Výrobce svítidla	Elektrosvit Svatobořice a.s.
Označení	Svítidlo nevýbušné – MINIMINEX
Typ svítidla	591 40 01
Skupina a kategorie	I M2 Ex d I Mb, Zóna 1, Zóna 2, 22
Příkon	25 W
Světelný zdroj	Integrovaný LED zářič
Světelný tok zdroje	2150 lm
Měrný světelný tok zdroje	85 lm/W
Index barevného podání	min. 80
Teplota chromatičnosti	4000 K (NB)
Životnost (průměrná)	50 000 h
Cena 1 ks svítidla bez DPH	14 274 Kč



Obr. č. 15 – Specifikace svítidla a typ 591 40 01 společnosti Elektrosvit Svatobořice a.s. [13]

Tento typ svítidla je svou charakteristikou podobný plošnému svítidlu BS52., použitému pro osvětlení pracoviště varianty č. 1.

Výrobce svítidla	Elektrosvit Svatobořice a.s.
Označení	Svítidlo nevýbušné – MINEX I LED
Typ svítidla	591 39 01
Skupina a kategorie	I M2 Ex d I Mb, Zóna 1, Zóna 2, 22
Příkon	24 W
Světelný zdroj	Integrovaný LED zářič
Světelný tok zdroje	1610 lm
Měrný světelný tok zdroje	67 lm/W
Index barevného podání	min. 80
Teplota chromatičnosti	4000 K (NB)
Životnost (průměrná)	50 000 h
Cena 1 ks svítidla bez DPH	18 197 Kč



Obr. č. 16 – Charakteristika svítidla typ 591 39 01 společnosti Elektrosvit Svatobořice a.s. (základní provedení je shodné se svítidlem 511 37 01 na obr. č. 14) [13]

Tento typ svítidla je ekvivalentní k typu 511 37 01, které bylo použito pro osvětlení chodby varianty č. 1. V této sestavě s LED zářiči má dle technické dokumentace výrobce nepatrně odlišnou charakteristiku (více do široka), která je pro danou aplikaci spíše příznivější.

Kompletní projektová dokumentace těchto návrhů je zpracovaná v příloze č. 2 této práce, označená projektovým číslem 14 0106 z 6.1.2014.

5. Vícestranné zhodnocení vybraných variant

Pro posouzení výhodnosti obou variant řešení a výběr té správné pro budoucí provoz, je potřeba nastavit určitá kritéria pro jejich porovnání. Je třeba také zmínit, že současná osvětlovací soustava je ve stavu, kdy je ještě po nějakou **krátkou dobu (cca 3 roky)** provozuschopná. To je důležité pro posouzení ročních nákladů. Pak lze v celkovém hodnocení zmínit návratnost nové investice i v případě rozhodnutí rekonstruovat právě teď. Alternativní návrhy budou porovnány v tabulce č. 4. Vstupní data k výpočtům jsou získány z Alternativního návrhu osvětlení důlních prostor dolu Jeremenko, který je v příloze č. 2 a čl. č. 4, části IV této práce.

Kritérium	Varianta č. 1	Varianta č. 2	Současný stav
Pořizovací náklady bez DPH	433 254 Kč	371 455 Kč	0 Kč (3 roky)
Spotřeba elektrické energie osvětlovací soustavy	912 Wh	564 Wh	2100 Wh
Výměna světelných zdrojů za 50 000 h provozu	2,5 x	1 x	50 x !!!
Počet osvětlovacích těles celkem	36 ks	23 ks	21 ks a 100 W
Světelně – technický výpočet	ano	ano	ne

Tabulka č. 4 – Srovnávací tabulka obou variant z ekonomického hlediska

Ze srovnávací tabulky je na první pohled zřejmé, že moderní osvětlení s LED světelným zdrojem je ve všech srovnávaných kritériích výhodnější. Zároveň údaje ve sloupci současného stavu přímo vyzývají k obměně celé soustavy a potvrzují mou prvotní myšlenku o neekonomickém provozu.

V. PROJEKT VYBRANÉ VARIANTY OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY V SW PLATFORMĚ ENGINEERING BASE

Závěrečným cílem této práce je vytvořit projektovou dokumentaci osvětlení 5. patra dolu Jeremenko. V předcházející části byly porovnány dva nejčastější způsoby moderního osvětlování. Filozofie výhodnější varianty č. 2 bude nyní použita jako podklad k vytvoření nové kompletní projektové dokumentace osvětlení celého 5. patra předmětného dolu.

1. Postup zpracování projektu

V průběhu tvorby projektové dokumentace budou provedeny tyto úkony:

- překreslení (digitalizování) zbylé výkresové dokumentace v potřebném rozsahu tohoto návrhu a měřítku, včetně řezu popsaného v čl. 1 části IV této práce,
- zpracování a stanovení prostředí dle místních provozních a bezpečnostních předpisů,
- dle požadavků na pracovní prostory popsané v čl. č. 2, části IV této práce zpracování světelně - technických parametrů na předmětné prostory dle ČSN 36 0050-x a provedení jejich výpočtů s použitím vybraných svítidel,
- zpracování elektro - technické části dle Vyhl. ČBÚ 75/2002 Sb. a dalších dotčených předpisů,
- slovní popsání způsobu provedení,
- zapracování elektro - části do výkresové dokumentace.

2. Zpracování

Kompletní projektová dokumentace osvětlení 5. p dolu Jeremenko je v příloze č. 3 této práce, označená projektovým číslem 14 015 z 15.1.2014.

3. Doplnění 5. bodu části IV této práce

Ze zpracované dokumentace lze vyčíst množství svítidel, které jsou potřeba na realizaci vybrané varianty a vypočíst celkovou spotřebu el. energie při jejich plném provozu (instalovaný výkon). Tyto údaje dále znovu porovnám se současnou instalací.

Typ svítidla	Počet	Příkon/1ks	Celkový příkon
MINIMINEX	60 ks	25 W	1500 W
MINEX I LED	30 ks	24 W	720 W
Celkem	90 ks		2220 W

Tabulka č. 5 – Tabulka počtu kusů svítidel a výkonové bilance vybraného návrhu

Osvětlovací soustava	
Současný provoz	14 600 Wh
Nový návrh osvětlení LED technologií	2 220 Wh
Rozdíl při plném provozu	12 380 Wh

Tabulka č. 6 – Tabulka celkové energetické bilance

Z porovnávacích tabulek je již na první pohled zřejmé, že při okamžitém nahrazení současné osvětlovací soustavy za novou, dojde ke snížení spotřeby el. energie při plném provozu o **84,4 %**. Výměna tak zaručuje částečnou návratnost vstupní investice do nového zařízení, i když je současná osvětlovací soustava ještě po dobu cca 3 let provozuschopná.

VI. ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce je řešení osvětlování důlních prostor dle současných platných předpisů a následná implementace vlastního řešení do nově zpracovaného projektu osvětlení 5. patra dolu Jeremenko v Ostravě - Vítkovicích.

Důlní prostory jsou specifické svým charakterem a povahou a jsou provozovány podle zvláštních předpisů. V první části této práce jsem se zabýval rozбором současné struktury platných báňských zákonů a vyhlášek, které pro účel návrhu osvětlení v dole dále činí závaznou normu řady ČSN 36 0050-x – „Osvětlování v podzemí dolů, světelné technické základy navrhování“.

V další kapitole jsem porovnával zmíněnou současnou normu ČSN 36 0050-x s jinými podobnými evropskými, které se zabývají osvětlením. Během této práce jsem srovnával jejich odlišnou interpretaci pojmů a upozorňoval na nesrovnalosti. Protože norma ČSN 360050-x je téměř 20 let stará, zapojil jsem se touto analýzou do činnosti spojené s její novelizací ve spolupráci s manažerem centra technické normalizace společnosti VVUÚ, a.s., panem Ing. Milošem Vavřínem. Velkou část této analýzy jsem věnoval přístupu k hodnocení oslnění, kde jsem podrobně rozebral dosud nejčastěji používané metody a zvažoval vhodnost výběru pro budoucí aplikování v dolech.

V následující části jsem zpracoval porovnání dřívějších a současných možností osvětlování v dolech. Na základě průzkumu trhu důlních svítidel a posouzení stávajících osvětlovacích soustav ve vybraných důlních dílech ve správě DIAMO, s.p., o.z. ODRA, jsem provedl shrnutí technických informací pro dosud nejčastěji používaná svítidla. Dále jsem popsal v praxi nejběžnější způsoby přístupu k obnovování osvětlovacích soustav a poukázal na nedostatky v těchto zvyklostech. Závěry získané touto analýzou velice silně vyzývají k obměně současných morálně i fyzicky zastaralých svítidel s žárovkami a rtuťovými výbojkami, které mají neekonomický provoz. Dále jsou představeny dnešní možnosti v osvětlování důlních děl z hlediska nových světelných zdrojů a osvětlovacích těles. Na základě tohoto rozboru jsem vybral dva typy moderních svítidel, které jsem dále použil pro zpracování alternativních návrhů osvětlení předmětného dolu. Kritériem pro posouzení výhodnější varianty bylo zhodnocení investičních nákladů, optimalizací skladu s náhradními díly osvětlovacích těles, nákladů na provoz a údržbu. Tyto návrhy jsou dále porovnány se současně provozovanou osvětlovací soustavou, která je z hlediska vytvořených světelně – technických parametrů poddimenzována. Tuto skutečnost jsem potvrdil vlastním orientačním měřením osvětlenosti na pracovní rovině ve vybraných částech dolu.

V práci jsem se dále zabýval optimalizací způsobu výpočtu světelně – technických parametrů a zefektivnění samotných činností při projektování osvětlovacích soustav v dolech. V této části jsem změnil filozofii k přístupu projektování dolů tím, že jsem vymezil obvykle se opakující prostorové a pracovní situace, zpracoval jejich světelně - technické řešení a tím vytvořil jakýsi projektový modul, který je pak možné jednoduše dále aplikovat na ostatní prostory. Konkrétně se jedná o moduly pracoviště a spojovací chodby, které se z hlediska přístupu k těmto parametrům řeší odlišným způsobem. Jsem-li schopen takto modulárně určit např. optimální vzdálenosti mezi svítidly chodby tak, aby vyhovovaly rovnoměrnému osvětlení na podloží a zároveň neoslňovaly, mohu dále tyto vzdálenosti jen násobit na potřebnou libovolnou délku několika chodeb. Tímto způsobem jsem získal zároveň rychlý podklad pro ekonomické zhodnocení a energetickou bilanci.

V průběhu zpracování bakalářské práce jsem při výběru vhodných svítidel řešil nesrovnalosti v datasheetu s předním výrobcem Elektrosvit Svatobořice a.s. V první řadě jsem řešil nevhodnost použití LED zářičů pro nízké intenzity osvětlení v oblasti neutrální bílé. Dále jsem požadoval znovu přeměření křivky svítivosti svítidla, která dle mého úsudku neodpovídala.

Pro realizaci výsledné kompletní projektové dokumentace osvětlení 5. patra dolu Jeremenko jsem vybral alternativu s použitím LED svítidel z důvodu jejich dlouhé životnosti, velkého měrného světelného výkonu, spolehlivosti a provozních nákladů. V poslední části této práce jsem popsal vhodný postup řešení kompletní světelně – technické části projektové dokumentace. Dalším přínosem je i praktická ukázka zpracování elektro – technické části tohoto projektu podle postupů daných báňskou Vyhláškou č. 75/2002 Sb., které jsou nezbytné pro pozdější schválení této dokumentace a uvedení do provozu.

Vytvořením této práce jsem získal zkušenosti v oblasti projekční činnosti osvětlovacích soustav hlubinných dolů. Podniku DIAMO s.p., o.z. Odra jsem představil možnost výrazné úspory nákladů spojené s výměnou osvětlovací soustavy na 5. patře předmětného dolu o **84,4%**. Touto realizací dojde také ke zkvalitnění světelně – technických požadavků dle platných báňských předpisů.

V současné době, t.j. 1.4.2014 probíhá realizace mého projektu. Zatím je ukončena instalace svítidel v nárazišti jámy č. 3, včetně uložení kabelů pro přívod.

VII. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Knižní zdroje:

- [1] **Jiří Habel a kolektiv** – *Světlo a osvětlování, Světelná technika a osvětlování*, vyd. Praha: FCC Public s.r.o., 2013. 622 s. ISBN 978-80-86534-21-3
- [2] **Karel Sokanský a kolektiv** – *Světelná technika*, vyd. Praha: ČVUT, 2011. 255 s. ISBN 978-80-01-04941-9

2. Vyhlášky a normy:

- [3] **Zákon 61/1988 Sb.** – *O hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě*
- [4] **Vyhláška 22/1989 Sb.** – *o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při dobývání nevyhrazených nerostů v podzemí*
- [5] **ČSN 36 0050-1 až 3** – *Osvětlení v podzemí dolů*
- [6] **ČSN EN 12464-x** – *Osvětlování vnitřních/venkovních, pracovních prostor*
- [7] **ČSN EN 60079-0** – *Výbušné atmosféry – Část 0: Zařízení – Všeobecné požadavky*
- [8] **ČSN EN 13201-x** – *Osvětlení pozemních komunikací (všechny části)*

3. Internetové zdroje:

- [9] **ARIGA s.r.o.** – *Obchod Kronium [dne 5.12.2013]*
http://www.kronium.cz/atex-certifikace-pro-zarizeni-do-vybusneho-prostredi/info_24.html
- [10] **tzbinfo** – *stavebnictví, úspory energií, technické zařízení budov [dne 13.12.2013]*
<http://www.tzb-info.cz/1303-umele-osvetleni-vnitriho-prostredi>
- [11] **Ekologické bydlení** – *internetový magazín [dne 2.1.2014]*
<http://www.ekobydleni.eu/spotrebyce/zarovsky-konci-budoucnost-osvetleni-ma-jmeno-led>
- [12] **Wikipedie** – *otevřená encyklopedie [dne 4.1.2014]*
http://cs.wikipedia.org/wiki/Projektov%C3%A1_dokumentace

4. Katalogy:

- [13] **Elektrosvit Svatobořice a.s.** – kompletní katalog svítidel pro rok 2014
- [14] **Elektrometal SA Polsko** – kompletní katalog svítidel pro rok 2014 dostupný z
<http://www.elektrometal.com.pl>
- [15] **Bösha GmbH & Co. KG Německo** – kompletní katalog svítidel pro rok 2014 dostupný z
<http://www.boesha.de/>
- [16] **Senben Explosion - proof Electric (Shanghai) Co., Ltd** – nabídka produktů dostupná z
<http://www.senben-sh.com/en>

VIII. SEZNAM PŘÍLOH

1. Tištěné přílohy

Příloha č. 1 - Požadavky na pracovní prostory

Příloha č. 2 - Alternativní návrhy osvětlení důlních prostor

Příloha č. 3 - Osvětlení 5. p dolu Jeremenko

2. Netištěné přílohy umístěné na CD

NOV668_FEI_B2648_2014.pdf

NOV668_FEI_B2648_2014.zip